



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Graphab, un outil pour modéliser et gérer les réseaux écologiques

Laboratoire ThéMA UMR 6049 / CNRS Université de Franche-Comté

Ligue pour la Protection des Oiseaux de Bourgogne Franche-Comté

Xavier Girardet / Amélie Vaniscotte

Enseignant-Chercheur / Chargée de mission



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Ecologie du paysage, politiques de protection et modélisation

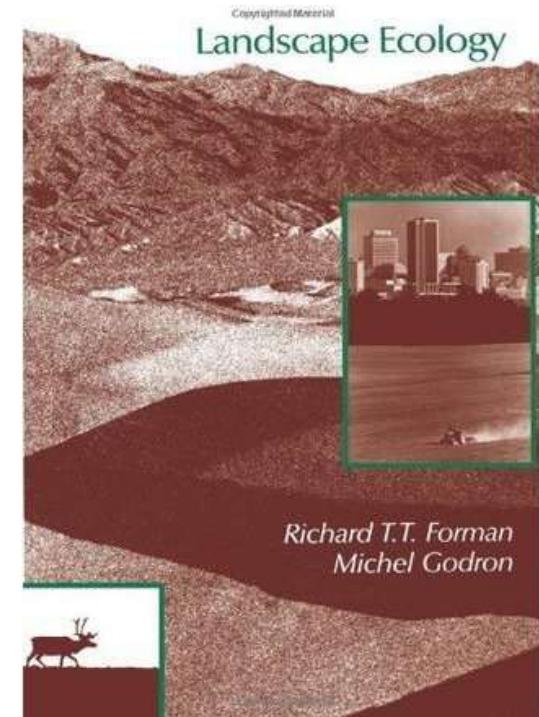
Ecologie du paysage

Domaine interdisciplinaire

écologie, géographie, aménagement, urbanisme...

3 principes fondamentaux

- rôle de l'hétérogénéité spatiale sur les processus écologiques
- paysage = niveau d'organisation des écosystèmes
- prise en compte explicite du facteur humain





graphhab

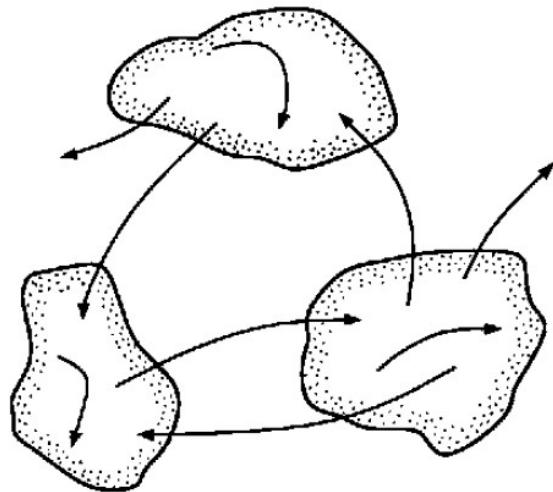
12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

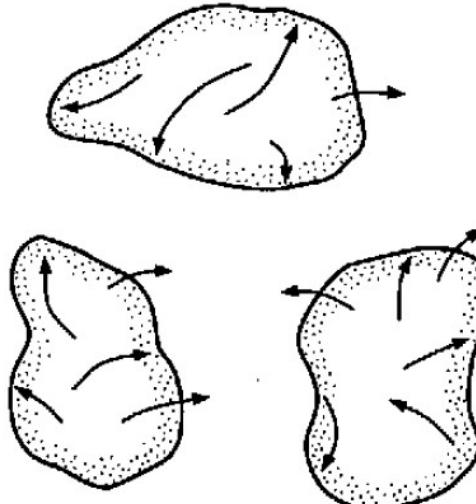
Ecologie du paysage, politiques de protection et modélisation

Concept fondamental : la connectivité écologique

- Connectivité structurelle : telle que « donnée » par le paysage
- Connectivité fonctionnelle : tient compte des capacités de déplacement des espèces



Espèce à forte capacité de déplacement



Espèce à faible capacité de déplacement



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

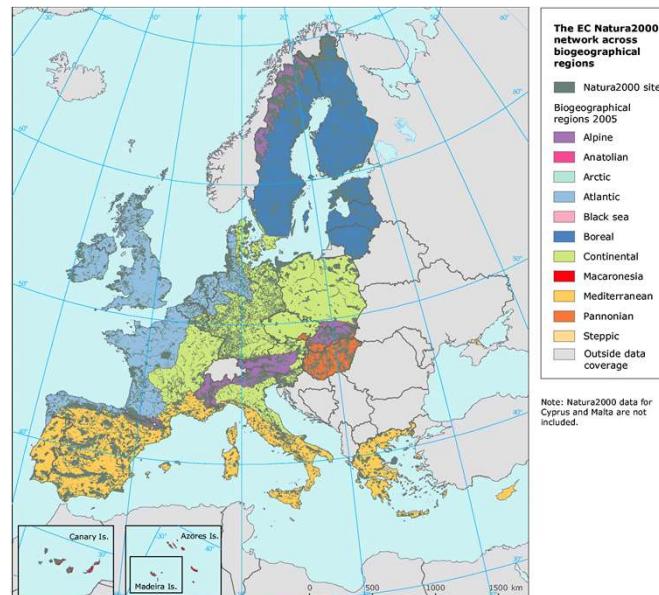
SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Ecologie du paysage, politiques de protection et modélisation

Connectivité des habitats

- Limite le risque d'extinction
- Facilite les changements d'aire de distribution
- Facilite les migrations saisonnières et les mouvements quotidiens
- Influence la structure génétique des populations

Prise en compte grandissante des réseaux écologiques





graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Ecologie du paysage, politiques de protection et modélisation

Pourquoi modéliser ?

- Connaissance systématique des flux biologiques (démographie, déplacements) impossible par le terrain
- Fortes limites des approches cartographiques trop descriptives et subjectives

Modéliser avec quels objectifs ?

- Connaissances sur le rôle du paysage sur le fonctionnement des écosystèmes
- Evaluation environnementale, aide à la prise de décision en aménagement et en conservation biologique



graphab

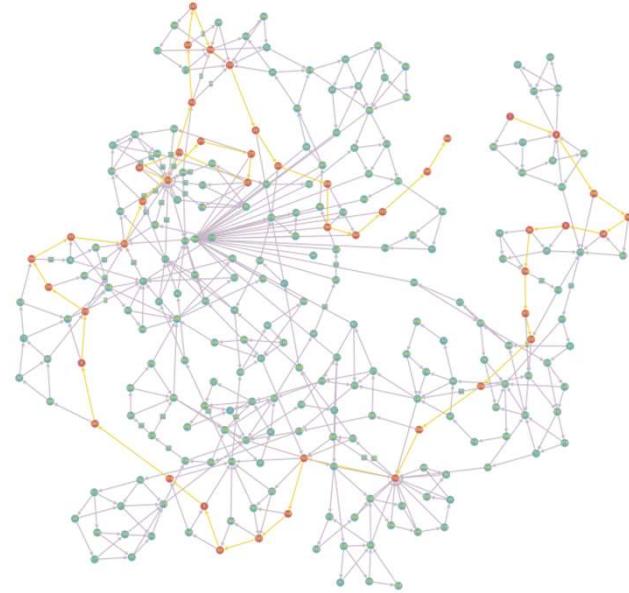
12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Les graphes

Définition générale

- Ensemble d'éléments mis en relation entre eux
- Transports · Réseaux sociaux · Chimie
- Graphiquement : Des nœuds et de liens



Adaptés à l'écologie du paysage

- Modélisation des interactions potentielles entre les taches d'habitats
- Prise en compte des traits fonctionnels de l'espèce cible (faune)



graphhab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Les graphes paysagers

Construction du modèle



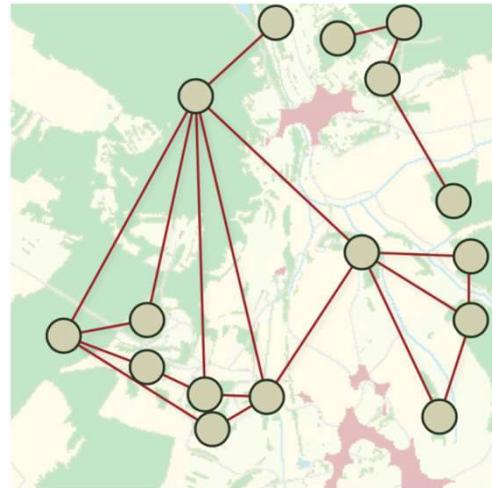
Donnée en entrée
Occupation du sol
Paysage qui influence
les déplacements



**Identification des
taches d'habitat**
Espaces liés au cycle
de vie (abri, chasse,
reproduction ...)



**Identification
des liens**
Relations entre les
taches (déplacement)



Traduction en graphe
Objet mathématique
Calcul d'indices
Modification simple



graphab

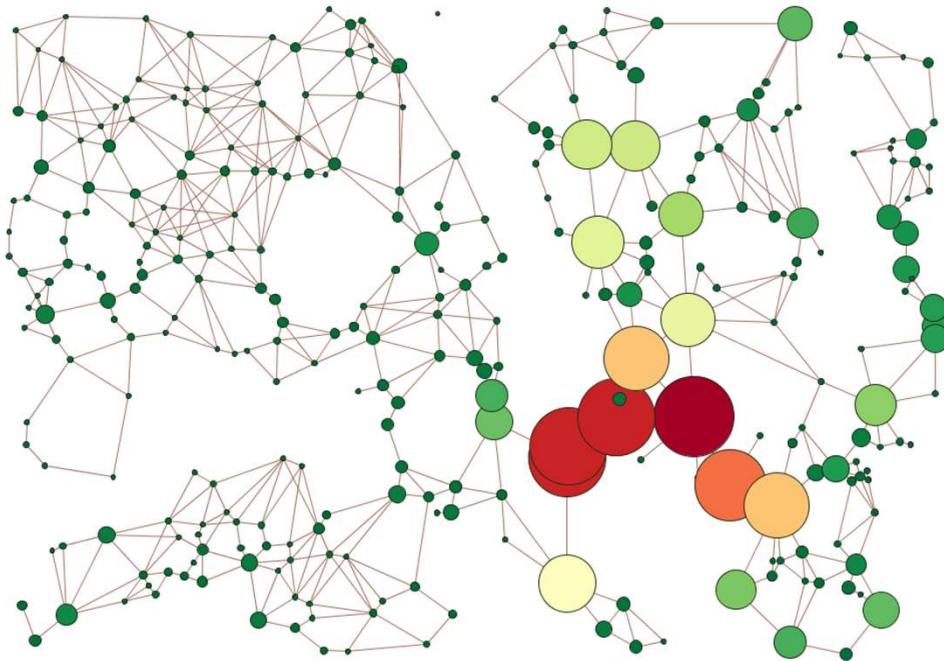
12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Les graphes paysagers

Diagnostic et analyses prospectives

- Quantifier la connectivité,
Hiérarchiser les éléments du réseau
 - Comprendre la dispersion des espèces
 - Cibler les zones à protéger/restaurer ou à déconnecter
- Modifier le paysage / le graphe
 - Tester l'impact de différents scénarios d'aménagement ou de gestion de l'espace sur la connectivité





graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Graphab est composé de 4 modules



Création de graphes

$$\Sigma$$

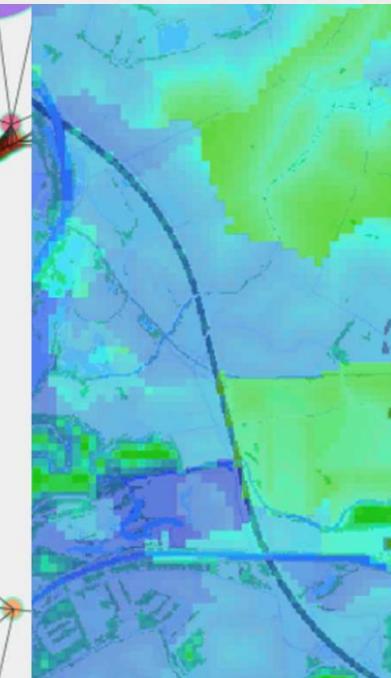
Calcul de métriques



Analyses et généralisations



Géo-visualisation





graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique



Jean-Christophe Foltête, Professeur
Laboratoire ThéMA, Université de Bourgogne-Franche-Comté



Gilles Vuidel, Ingénieur de recherche CNRS
Laboratoire ThéMA



Céline Clauzel, Maître de conférences
LADYSS, Université Paris Diderot



Marc Bourgeois, Maître de conférences
Laboratoire EVS, Université Lyon 3 Jean Moulin

ThéMA
UMR 6049 Théoriser & Modéliser pour Aménager



**UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ**



Paul Savary, Post-doctorant
Laboratoire ThéMA, Université de Bourgogne-Franche-Comté



Anissa Bellil, Doctorante
Laboratoire ThéMA, Université de Bourgogne-Franche-Comté



Yohan Sahraoui, Maître de conférences
Laboratoire ThéMA, Université de Bourgogne-Franche-Comté



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Offre de formation 2022

Initiation

- 1^{er} et 2 juin 2023

Utilisation avancée / perfectionnement

- 7 et 8 décembre 2023

<https://sourcesup.renater.fr/www/graphab>





graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Analyse des continuités multi-habitats et multi-espèces pour les territoires

Démarche méthodologique et applications



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

- ✓ Travail partenarial: structures productrices et gestionnaires de données, experts taxonomiques, ingénieurs/chercheurs
- ✓ Pour les collectivités, structures gestionnaires, ...etc.



Objectifs appliqués:

⇒ Préservation, voire la restauration des **habitats** et des **continuités écologiques**

⇒ Apporter des éléments pour la révision des documents d'objectifs Natura 2000, des SCOTs ou des futurs documents d'urbanisme (PLUi, PLU et cartes communales)



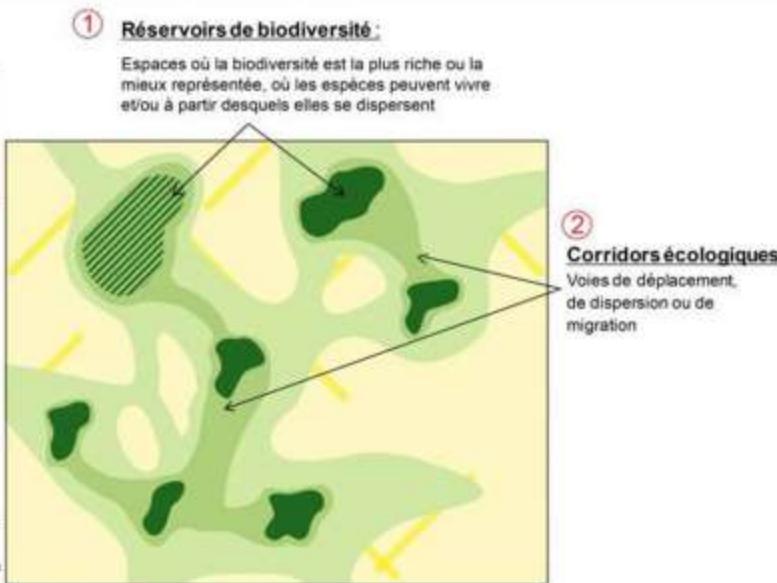
graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Les continuités écologiques c'est quoi ?

Continuités écologiques =
① Réservoirs +
② Corridors



Continuités écologiques

=

Réservoirs de biodiversité/cœurs de nature

+

Corridors écologiques qui les relient



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Exemple 1

EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue, (2020)

Identification des continuités écologiques et des enjeux relatifs au patrimoine naturel du territoire de la communauté de communes Loue-Lison

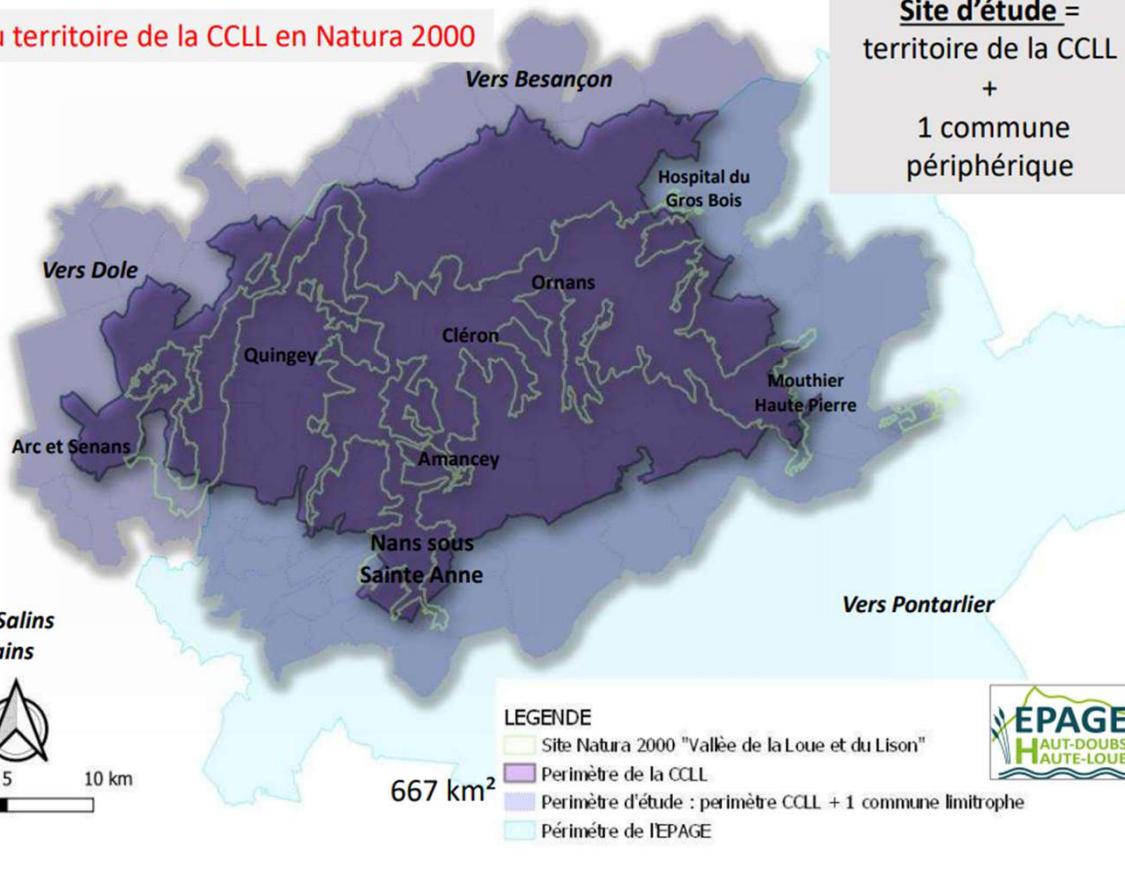


Sigogne
Bourgogne-Franche-Comté



Contexte : site d'étude

1/3 du territoire de la CPLL en Natura 2000





graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Exemple 2



AGIR pour la
BIODIVERSITÉ
BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ



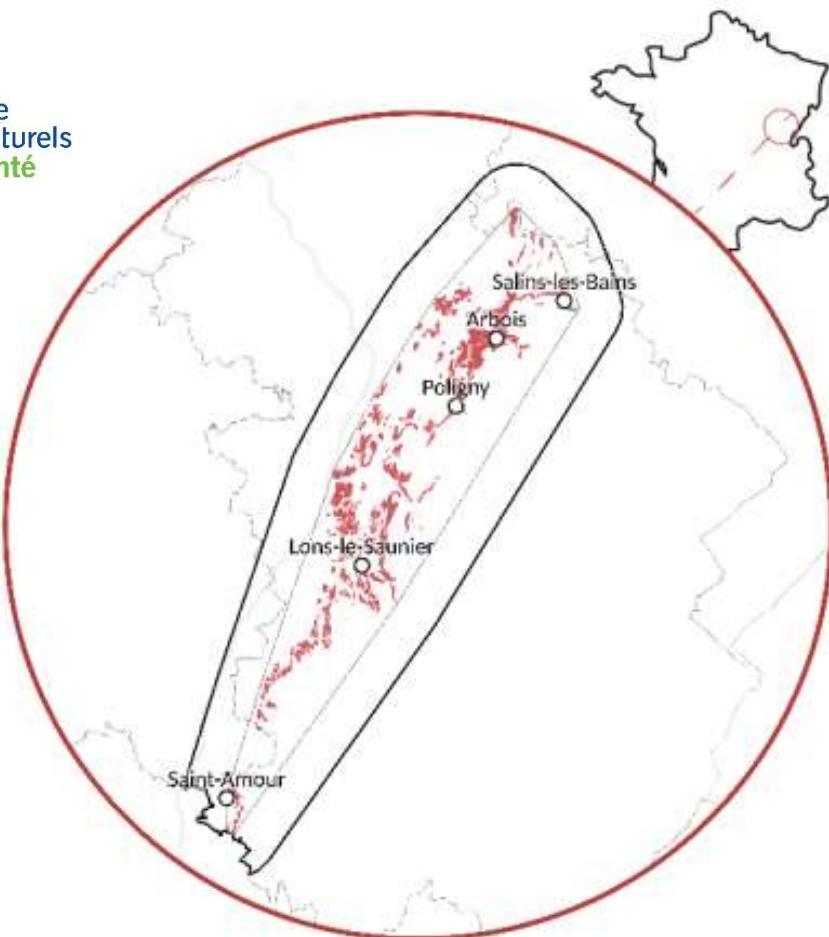
CONSERVATOIRE
BOTANIQUE NATIONAL
FRANCHE-COMTÉ
OBSERVATOIRE RÉGIONAL
DES INVERTÉBRÉS



Analyse des continuités écologiques des habitats associés au vignoble jurassien

Objectifs :

- Identifier les réservoirs et les continuités écologiques des habitats associés au vignoble jurassien
- Développer un outil d'aide à la décision intégrant la notion de connectivité paysagère à la gestion et l'aménagement des parcelles de vignes



Carte 1. Zone d'étude avec parcelles de vignes et parcelles AOC viticole
(source : Florie Poirel, 2021)

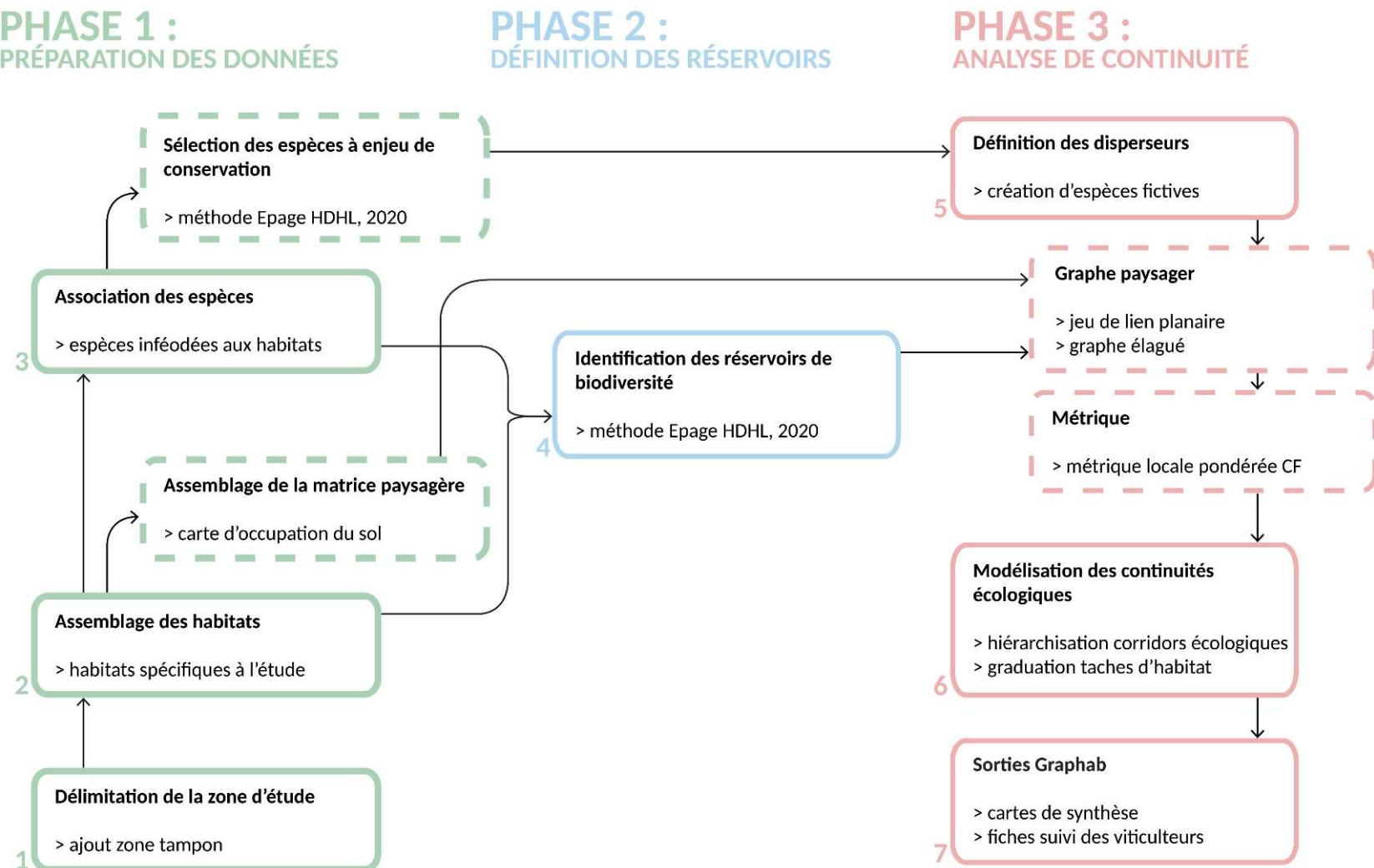


graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Démarche méthodologique





graphab

Contexte > Méthode > Résultats

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Phase 1 : Préparation des données

Sélection des espèces à enjeu de conservation

> méthode Epage HDHL, 2020

Association des espèces

> espèces inféodées aux habitats

Assemblage de la matrice paysagère

> carte d'occupation du sol

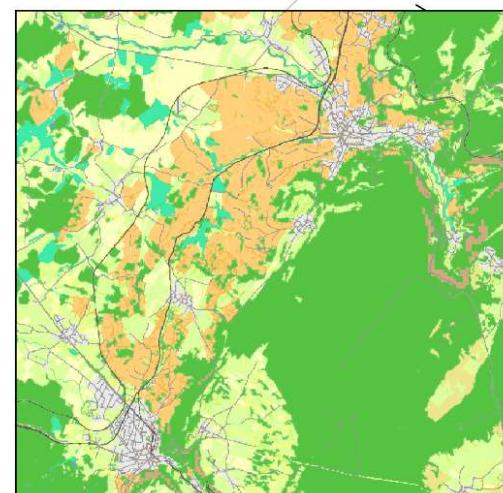
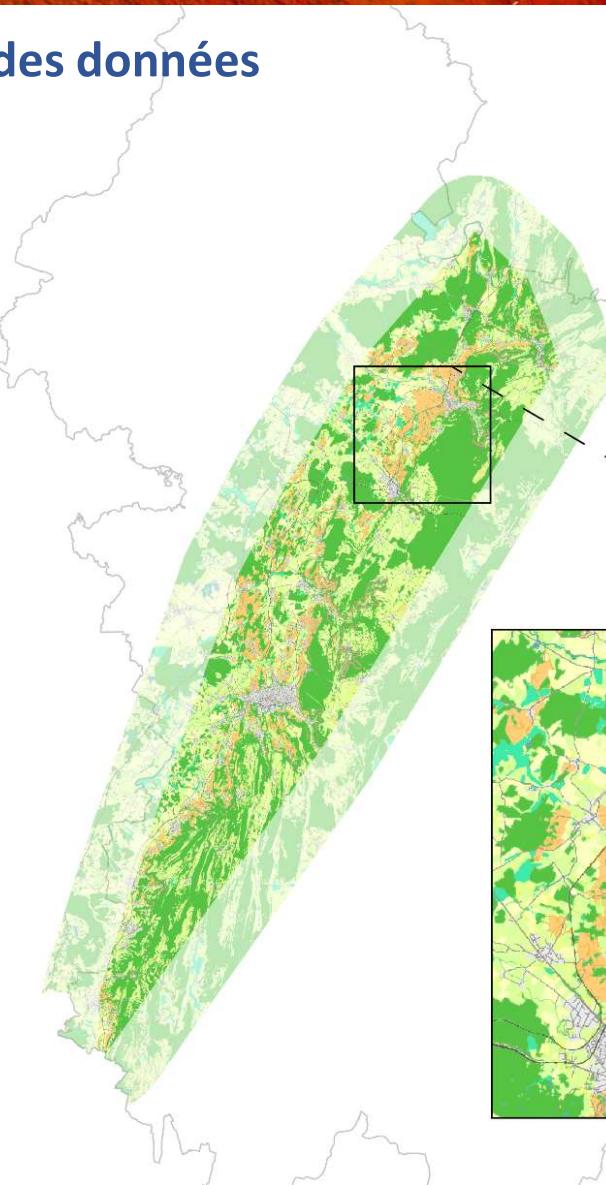
Assemblage des habitats

> habitats spécifiques à l'étude

Délimitation de la zone d'étude

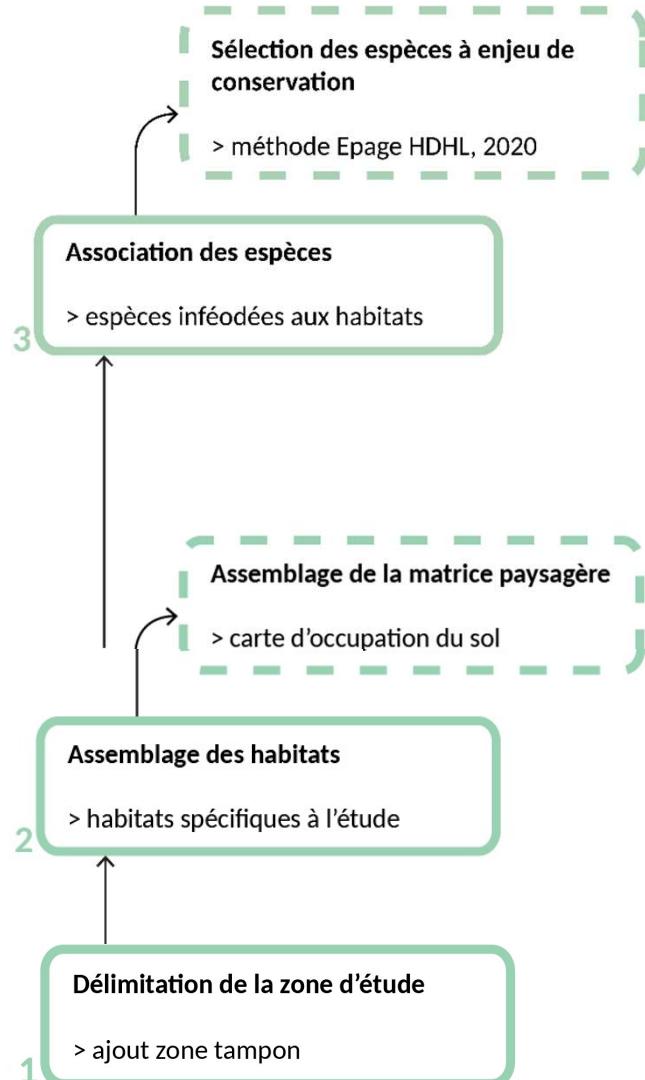
> ajout zone tampon

- Milieux xériques
- Milieux humides
- Milieux rupestres et bâti
- Milieux aquatiques
- Carrières
- Transports secondaires
- Lisières forestières
- Milieux forestiers
- Haies milieux vignes
- Milieux vignes
- Haies milieux prairiaux et bocagers
- Milieux prairiaux et bocagers
- Haies milieux cultivés
- Milieux cultivés
- Milieux urbains
- Transports principaux





graphab



Phase 1 : Préparation des données

- Croisement des différents statuts de conservation et de protection (ZNIEFF, APPB,...)
- Niveaux d'enjeu :
 - **Moyen** espèce non menacée mais déterminante, reproductrice, presque menacée
 - **Fort** espèce vulnérable, directive habitats-faune-flore, espèce rare
 - **Très fort** espèce en danger d'extinction, déterminante de ZNIEFF, faisant l'objet d'un plan de conservation régional ou national



graphab

Contexte > Méthode > Résultats

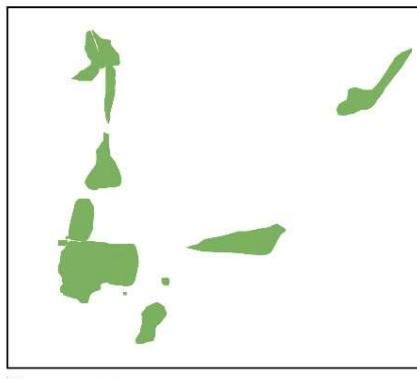
12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

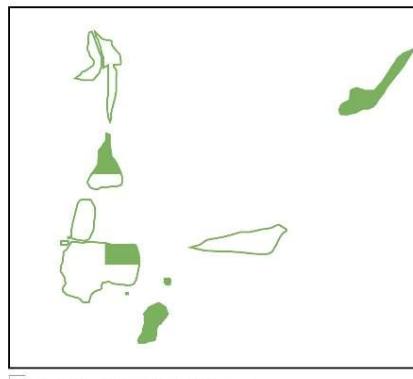
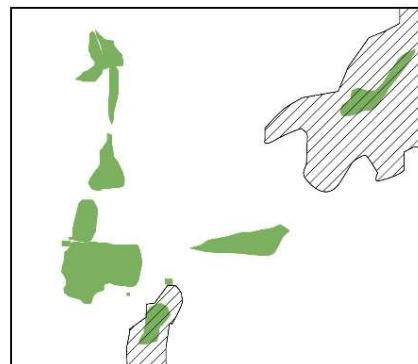
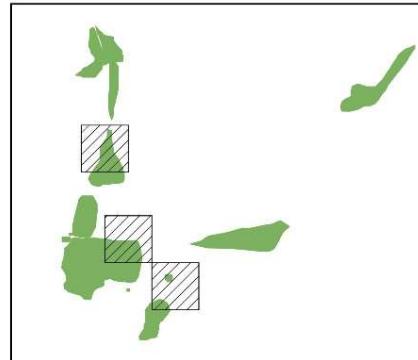
Phase 2 : Définition des réservoirs

Identification des réservoirs de biodiversité

> méthode Epage HDHL, 2020



2 données de présence (*majoritairement opportunistes*)





graphab

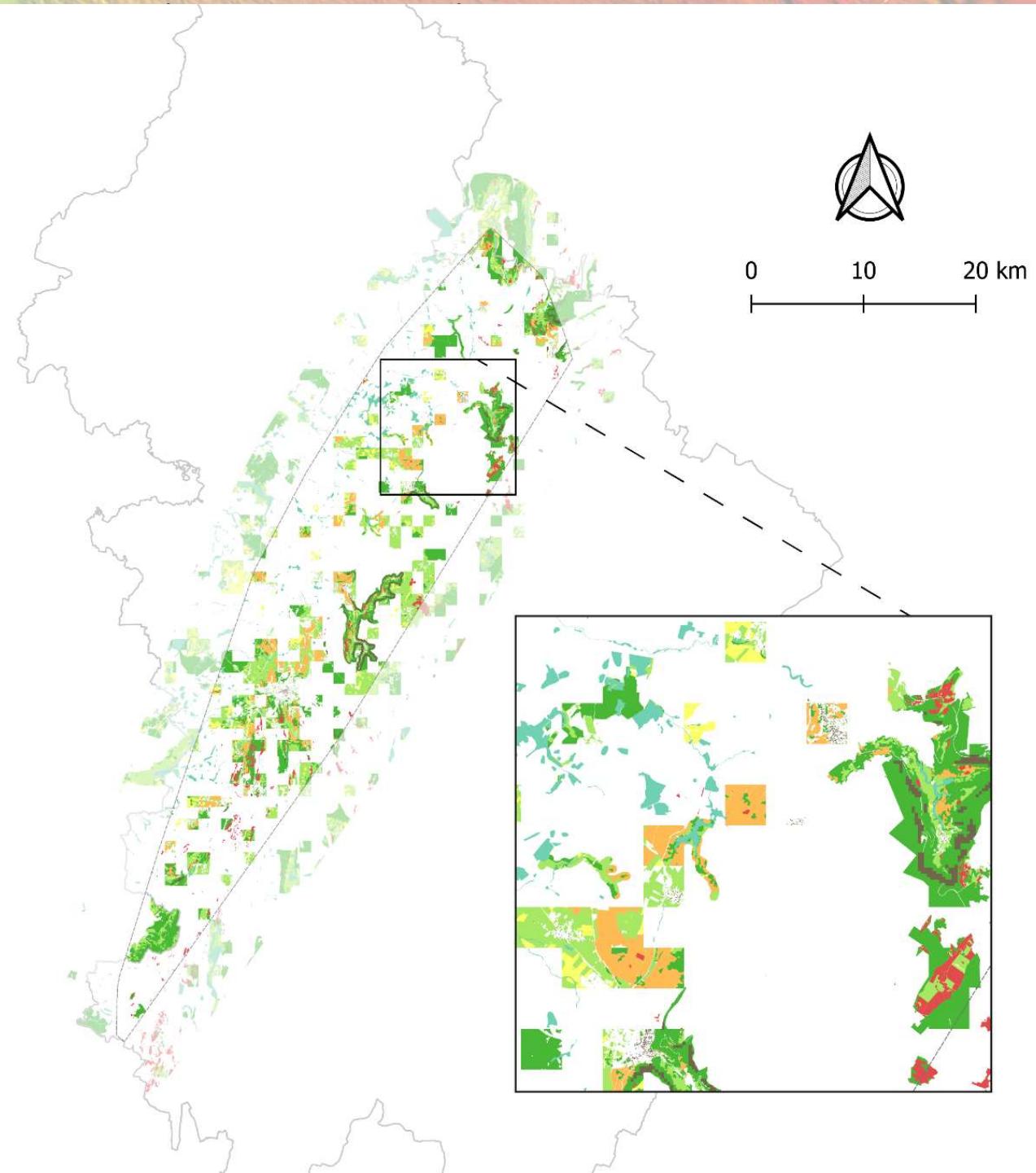


té
»
ie

Résultat

Réservoirs de biodiversité

- Milieux xériques
- Milieux humides
- Milieux vignes
- Milieux rupestres et bâti
- Milieux forestiers
- Milieux prairiaux et bocagers
- Milieux cultivés





graphab

Contexte > Méthode > Résultats

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Phase 3 : Analyse de continuité

Définition des disperseurs

> création d'espèces fictives

5

Graphe paysager

> jeu de lien planaire
> graphe élagué

Métrique

> métrique locale pondérée CF

Modélisation des continuités écologiques

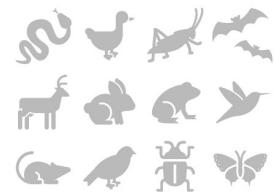
> hiérarchisation corridors écologiques
> graduation tâches d'habitat

6

Sorties Graphab

> cartes de synthèse
> fiches suivi des viticulteurs

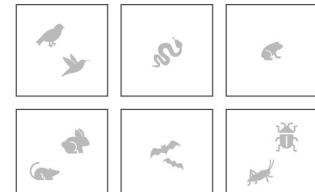
7



Cortège d'espèces associées à un habitat



Sélection des espèces à enjeux de conservation



Regroupement par groupe taxonomique

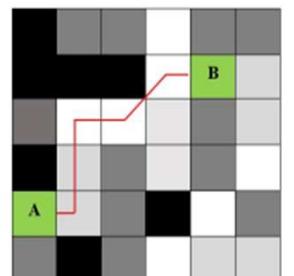
Création d'espèces virtuelles

Définition des comportements (valeurs de résistances)

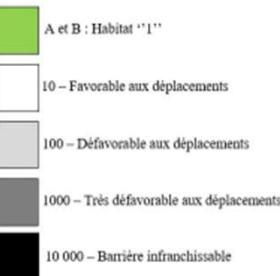
Définition de la capacité de dispersion en deux classes :
- grand disperseur
- petit disperseur

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|------|------|
| 10 000 | 1000 | 1000 | 10 | 1000 | 1000 |
| 10 000 | 10 000 | 10 000 | 10 | B | 100 |
| 1000 | 10 | 10 | 100 | 1000 | 100 |
| 10 000 | 100 | 1000 | 100 | 1000 | 10 |
| A | 100 | 1000 | 10 000 | 10 | 1000 |
| 1000 | 10 000 | 1000 | 10 | 100 | 100 |

Conversion de la matrice paysagère en unité de coût



Identification des chemins de moindre coût



Chemin de moindre coût

Figure 8 : Exemple d'attribution de valeurs de coût (de 1 à 10 000) à chaque cellule représentée par un type donné (à gauche) et identification du chemin de moindre coût (en rouge) entre les deux habitats A et B (à droite). Modifiée d'après Tarabon, (2020).



Phase 3 : Analyse de continuité

Ex: Habitat forestier \Leftrightarrow 5 espèces fictives



graphab

Contexte > Méthode > Résultats

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté

« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Phase 3 : Analyse de continuité

Définition des disperseurs

- > création d'espèces fictives

Graphe paysager

- > jeu de lien planaire
- > graphe élagué

Métrique

- > métrique locale pondérée CF

Modélisation des continuités écologiques

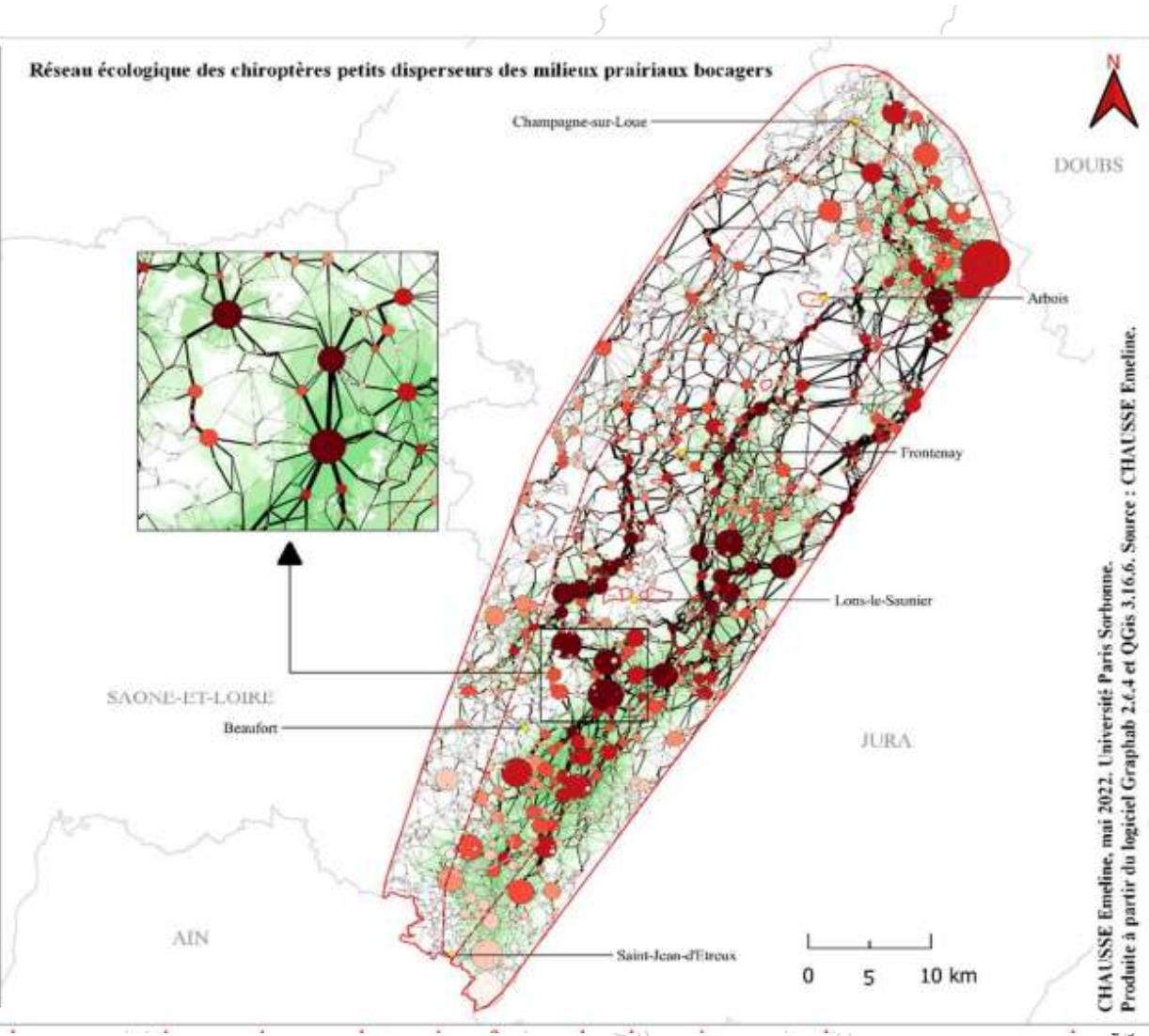
- > hiérarchisation corridors écologiques
- > graduation taches d'habitat

Sorties Graphab

- > cartes de synthèse
- > fiches suivi des viticulteurs



Réseau écologique des chiroptères petits disperseurs des milieux prairiaux bocagers





graphab



12^e journ

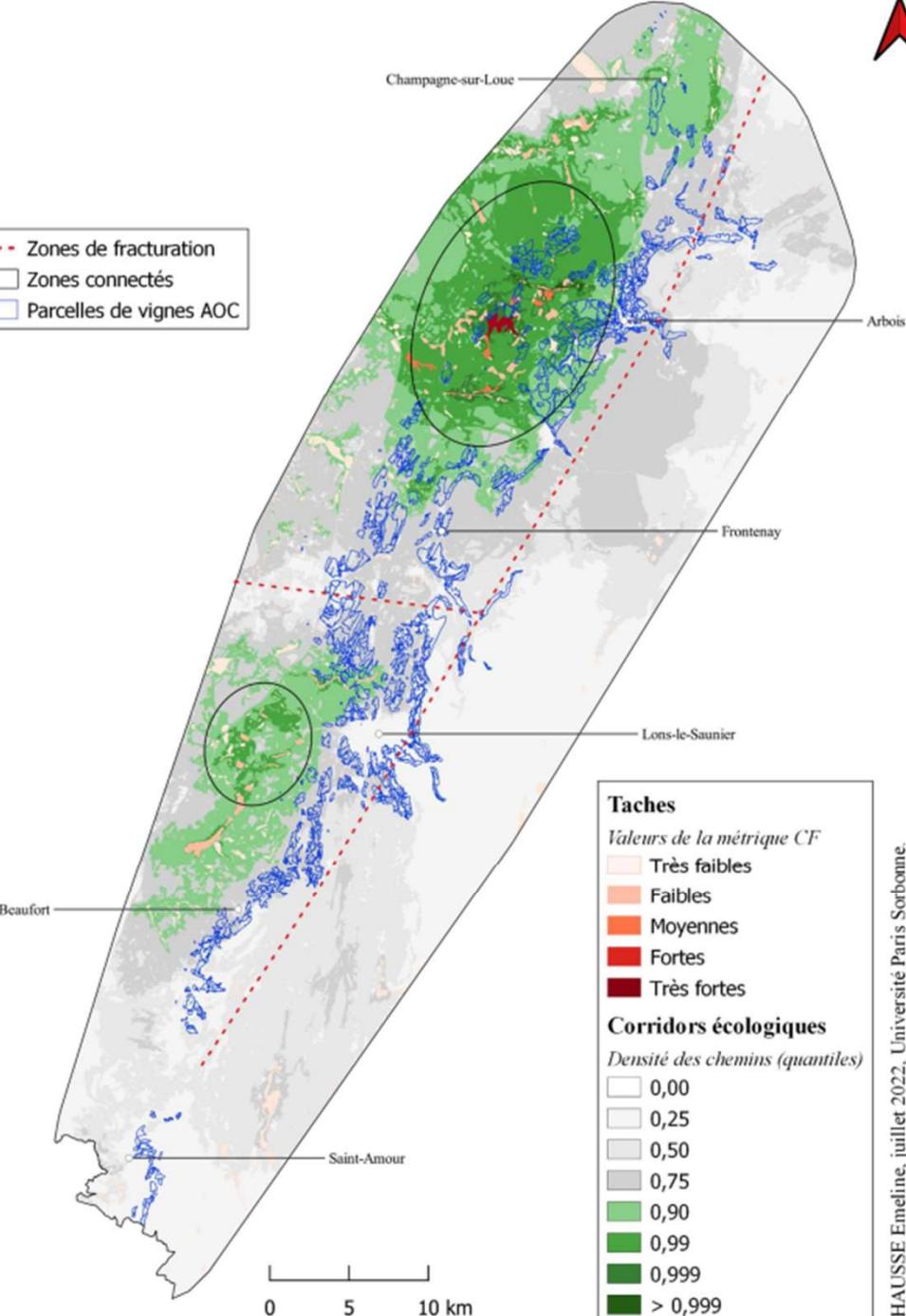
« Des nouvelles t

S

Analyse multi-taxon de la connectivité du territoire associé au vignoble jurassien des milieux humides



- Zones de fracturation
- Zone connectés
- Parcelles de vignes AOC



Carte 10 : Continuités écologiques multi-taxons des milieux humides à proximité du vignoble jurassien.



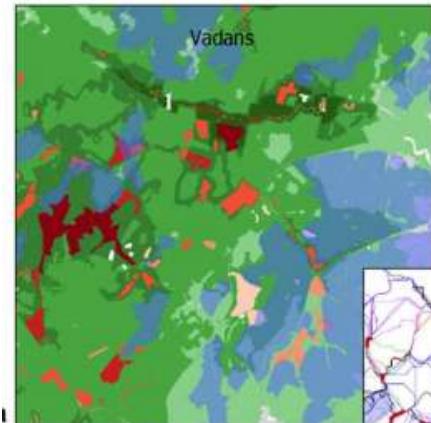
graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

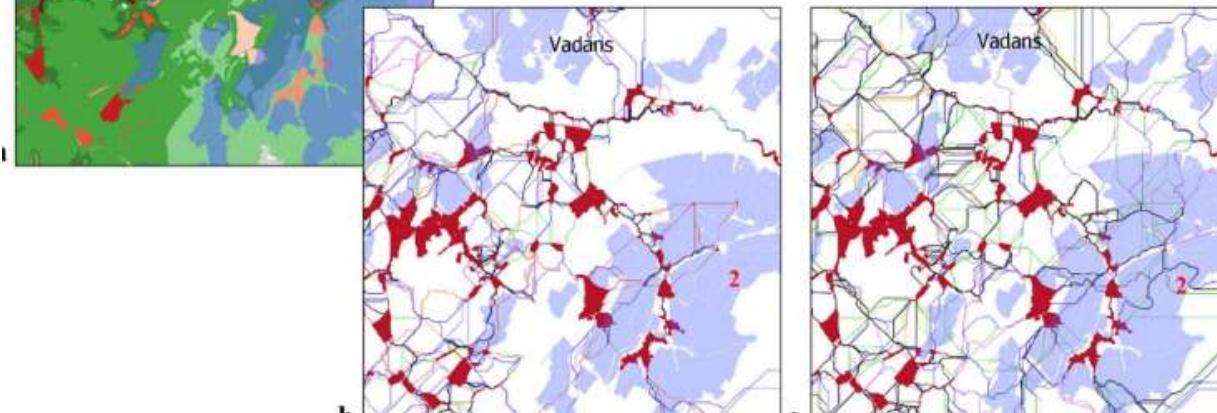
SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Résultats

Synthèse multi-taxon par habitat/sous trame



Echelle paysagère



- Chemins de déplacement (Vue réaliste)**
- Amphibiens
 - Chiroptères
 - Insectes
 - Mammifères
 - Oiseaux
 - Reptiles

Chemins de déplacement des espèces fictives

petits disperseurs

Chemins de déplacement des espèces fictives

grands disperseurs

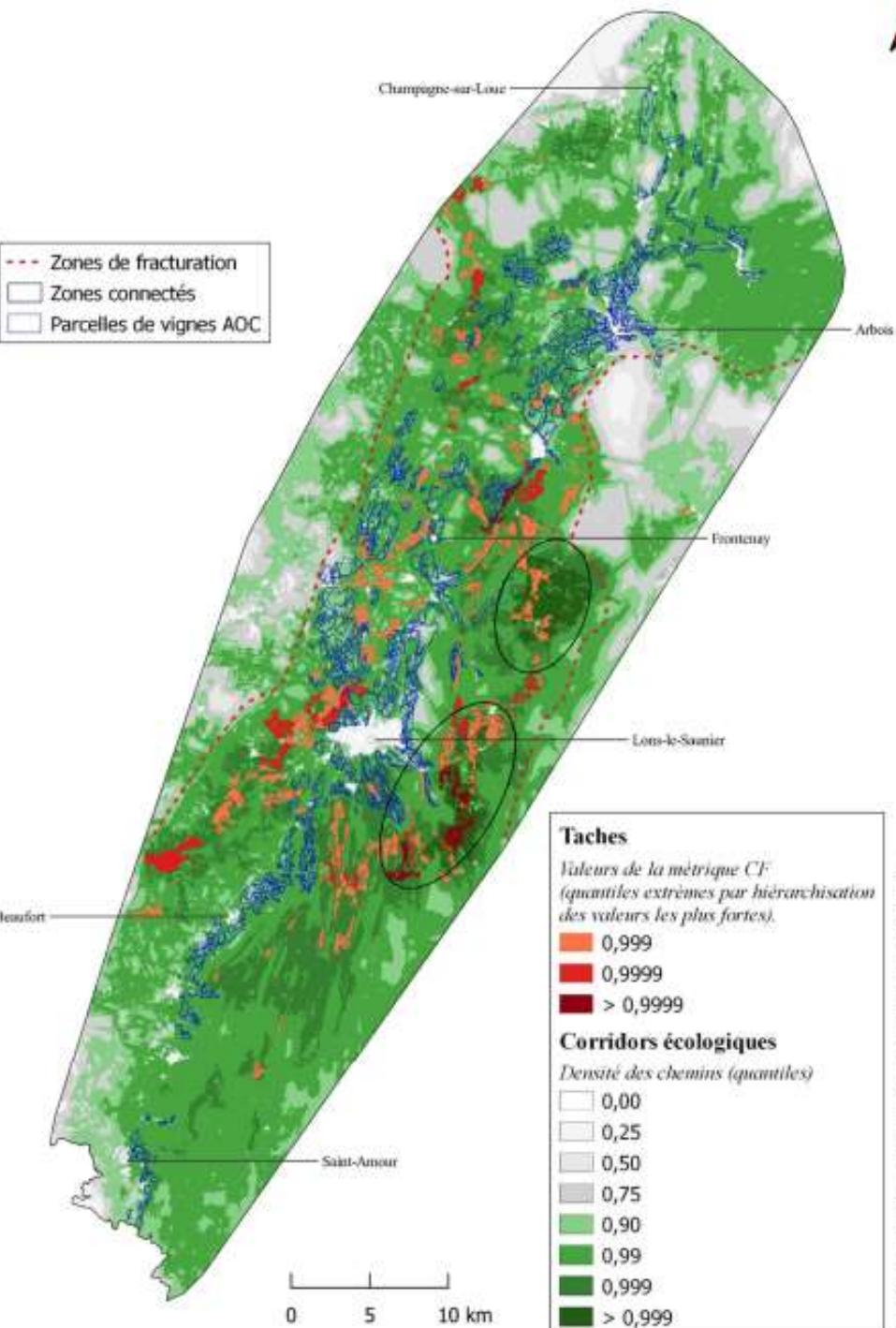
Figure 12 : Analyse locale du réseau écologique multi-taxons des milieux humides sur le secteur Nord-Ouest d'Arbois (Nœuds/taches d'habitats, composantes, corridors écologiques, liens/chemins). (Source : CHAUSSÉ, 2022).



graphab



Analyse multi-taxon de la connectivité du territoire associé au vignoble jurassien des milieux prairiaux bocagers





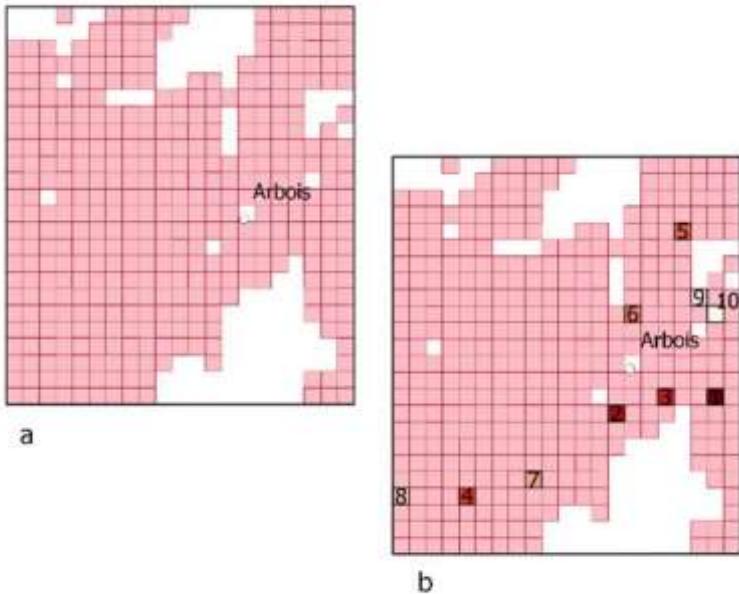
graphhab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Résultat

Ajout de tâches => Où renforcer les continuités ?



Carte 14 : (a) Identification de l'emplacement des pixels (ordre de priorité 1 à 10) qui maximise l'habitat accessible aux espèces fictives (chiroptères grands disperseurs) de l'approche multi-taxonomique des milieux prairiaux bocagers, grille d'échantillonnage au 500 m (Source : CHAUSSÉE, 2022). (b) Zoom carte Continuités écologiques multi-taxons des milieux prairiaux bocagers à proximité du vignoble jurassien.



graphab

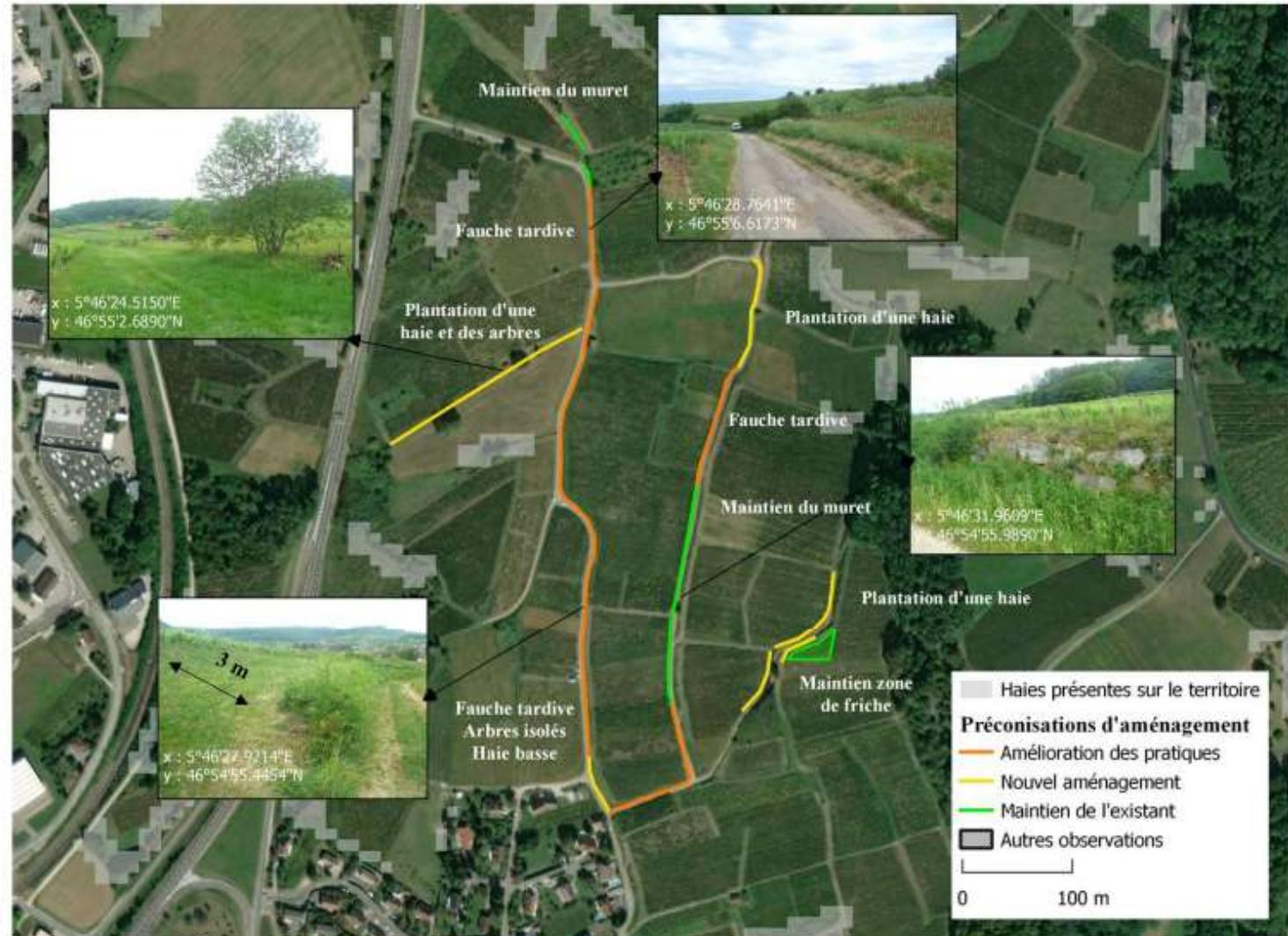
12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté « Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Exemple diagnostique terrain.



Zoom sur le pixel 6 (bleue)



Echelle parcellaire



graphab

12^e journée des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté
« Des nouvelles technologies au service de la gestion des espaces naturels »

SESSION 2 - Télédétection et modélisation cartographique

Merci de votre attention

Contacts :

Laboratoire ThéMA UMR 6049 CNRS Université de Franche-Comté

Xavier Girardet, Enseignant-Chercheur

xavier.girardet@univ-fcomte.fr

LPO BFC

Amélie Vaniscotte, Chargée de mission

amelie.vaniscotte@lpo.fr